

PAT-NO: JP359161082A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 59161082 A

TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT-RECEPTOR

PUBN-DATE: September 11, 1984

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKAHASHI, TSUGUNORI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJITSU LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP58035159

APPL-DATE: March 3, 1983

INT-CL (IPC): H01L031/10

US-CL-CURRENT: 257/187, 257/438 , 257/E31.054

ABSTRACT:

PURPOSE: To eliminate a sudden change in a composition in the hetero-interface constituted by a buffer layer and an optical absorption layer, and to prevent the deterioration of light-receiving characteristics by interposing an intermediate layer between the optical absorption layer and a multiplication layer on interposing the intermediate layer on the side reverse

to the side where the optical absorption layer and the multiplication layer are in contact or between the multiplication layer and a semiconductor substrate.

CONSTITUTION: The semiconductor light-receptor differs from conventional devices in a point where an intermediate layer 9 is interposed between a buffer layer 2 and an optical absorption layer 3. The intermediate layer 9 has a composition intermediating between the buffer layer 2 and the optical absorption layer 3. A phenomenon in which a nuclear hetero-interface has photo sensitivity is not generated even when a depletion layer reaches to the hetero-interface because a sudden change in the hetero-interface by the buffer layer 2 and the optical absorption layer 3 is relaxed owing to the presence of the intermediate layer 9.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59-161082

⑬ Int. Cl.³

H 01 L 31/10

識別記号

庁内整理番号

7021-5F

⑭ 公開 昭和59年(1984)9月11日

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮ 半導体受光装置

⑯ 特 願 昭58-35159

⑰ 出 願 昭58(1983)3月3日

⑱ 発 明 者 廣 著 健 典

川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社

川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 玉 虫 久 五 郎 外 3 名

明 細 書

1 発明の名称

半導体受光装置

2 特許請求の範囲

光を吸収してキャリアを発生する光吸収層とその光増起されたキャリアを増倍する増倍層とが分離されている半導体ヘテロ接合構造を有するなだけ増倍型半導体受光装置に於いて、前記光吸収層と前記増倍層との間に形成され該光吸収層と該増倍層との中間の組成を持つ中間層、該光吸収層に於ける前記増倍層が接している側と反対側に接している半導体層（或いは半導体基板）との間に形成され該光吸収層と該反対側に接している半導体層（或いは半導体基板）との中間の組成を持つ中間層を備えてなることを特徴とする半導体受光装置。

3 発明の詳細な説明

発明の技術分野

本発明は、光を吸収してキャリアを発生する光吸収層と光増起されたキャリアを増倍する増倍層

とが分離された半導体ヘテロ接合構造なだけ増倍受光素子 (separated absorption multiplication avalanche photo diode: SAM-APD) と呼ばれる半導体受光装置の改良に関する。

従来技術と問題点

第1図はSAM-APDの従来例を表わす要部切断側面図である。

図に於いて、1はn⁺型基板、2はn型バッファ層、3はn型光吸収層、4はn型増倍層（ウィンドウ層）、5はp型或いはp⁺型不純物導入領域、6はp側電極、7はn側電極をそれぞれ示している。尚、GaAs-GaAlAs系の場合、基板1としてはGaAs、バッファ層2としてはGaAlAs、光吸収層3としてはGaAs、増倍層4としてはGaAlAsをそれぞれ用い、また、InP-InGaAs (P) 系の場合、基板1としてはInP、バッファ層2としてはInP、光吸収層3としてはInGaAs (P)、増倍

層4としてはInPをそれぞれ用いる。

図示例に於いて、p⁺型不純物導入領域5はn型増倍層4にp型不純物を拡散するか、或いは、p型不純物イオンを打ち込む等して形成され、また、ヘテロ接合を形成する各層の組成は、エネルギー・バンド・ギャップが、

$$E_g(3) < E_g(4), E_g(2)$$

となるように選択される。

さて、この従来例に於いては、特定波長の光がn型光吸収層3で吸収され、それに依りキャリアが励起される。

そのキャリアは、電極6及び7に印加された逆バイアス電圧でn型増倍層4及びp型不純物導入領域5のpn接合から延び出た高電界空乏層内で加速され、衝突イオン化現象でなだれ増倍されるものである。

第2図は他の従来例を表す要部切断断面図である。

この従来例が、第1図について説明した従来例と相違する点は、光吸収層3と増倍層4との間に

エネルギー・バンド・ギャップ E_g が $E_g(4)$ と $E_g(3)$ との中間に在り、且つ、光吸収層3及び増倍層4とに充分に格子整合した薄い中間層8を介在させたことである。中間層8の材料としては、 $InP-InGaAs$ 系であれば $InGaAsP$ の光吸収層3及びInPの増倍層4に格子整合し且つそのエネルギー・バンド・ギャップが光吸収層3より大きい組成の $InGaAsP$ を使用している。

このような中間層8を設けると、半導体受光装置の周波数特性が著しく改善される旨報告されている。その理由としては、中間層8を介在させることに依り、第1図に見られる従来例に於けるヘテロ障壁（エネルギー障壁）の大きさが2分割されて、結果的に少数キャリア、ここではホールが障壁を越え易くなる為と考えられる。

ところで、前記二つの従来例では勿論、他の従来技術でも、バッファ層2と光吸収層3とで構成されるヘテロ界面に於ける問題に関しては全く考慮がなされていない。

本発明者の知見に依れば、電極6及び7間に印加される逆バイアス電圧が充分に大きくなって、空乏層がバッファ層2と光吸収層3とで構成されるヘテロ界面に到達すると、そのヘテロ界面に沿った広い領域に互り光強度を有するようになり、受光特性は著しく阻害されることが判っている。

この理由は、種々の実験の結果、バッファ層2と光吸収層3とのヘテロ界面に於ける組成の急激な変化、即ち、不連続性が災しているものと判断されている。

発明の目的

本発明は、ヘテロ接合構造を有し、且つ、なだれ増倍を利用する半導体受光装置に於いて、バッファ層と光吸収層とで構成されるヘテロ界面に於ける組成の急激な変化を解消し、受光特性の劣化を防止しようとするものである。

発明の構成

本発明では、第2図に関して説明した従来例に見られる中間層8と同様な中間層をバッファ層と光吸収層との間にも形成している。

第3図は本発明に依る半導体受光装置の構造を表す要部切断断面図であり、第2図に関して説明した部分と同部分は同記号で指示してある。

この半導体受光装置が第2図に見られる従来例と相違する点は、バッファ層2と光吸収層3との間に中間層9が介在していることである。

この中間層9はバッファ層2と光吸収層3との間の組成を有していることは言うまでもない。

そして、この中間層9の存在で、バッファ層2と光吸収層3とに依るヘテロ界面に於ける急激な変化は緩和され、従って、空乏層が該ヘテロ界面に到達するようなことがあっても、そのヘテロ界面が光強度を有するようになる現象は発生することがない。

発明の実施例

第3図に見られる構成を採って、 $InP-InGaAs$ 系のSAM-APDを作製したところ、波長 $1.6(\mu m)$ の光に対し、増倍数 $M=30(0.9V_{bi}, V_{bi}=60(V))$ 、周波数応答 $1.6(GHz)(-3(dB))$ である高性能な

半導体受光装置を得ることができた。

その仕様は次の通りである。尚、記号は図示の記号と同一である。

記号

- 1 半導体: n^+ 型 InP
結晶軸: $\langle 111 \rangle > A$
厚さ: $100 \text{ } (\mu\text{m})$
キャリア濃度: $n = 1 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$
- 2 半導体: n 型 InP
厚さ: $3.0 \text{ } (\mu\text{m})$
キャリア濃度: $n = 1 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$
- 3 半導体: n 型 InGaAs
エネルギー・バンド・ギャップ (波長換算)
: $\lambda_g = 1.6 \text{ } (\mu\text{m})$
厚さ: $2.0 \text{ } (\mu\text{m})$
キャリア濃度: $n = 5 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$
- 4 半導体: n 型 InP
厚さ: $2.0 \text{ } (\mu\text{m})$
キャリア濃度: $n = 1 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$
- 5 半導体: p^+ 型 InP

特開昭59-161082(3)

不純物: Cd

厚さ: $1 \text{ } (\mu\text{m})$

- 6 材料: Au-Zn

厚さ: $2000 \text{ } (\text{Å})$

- 7 材料: Au-Ge-Ni

厚さ: $2000 \text{ } (\text{Å})$

- 8 半導体: n 型 InGaAsP

エネルギー・バンド・ギャップ (波長換算)

: $\lambda_g = 1.3 \text{ } (\mu\text{m})$

厚さ: $0.3 \text{ } (\mu\text{m})$

キャリア濃度: $n = 5 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$

- 9 半導体: n 型 InGaAsP

エネルギー・バンド・ギャップ (波長換算)

: $\lambda_g = 1.3 \text{ } (\mu\text{m})$

厚さ: $0.3 \text{ } (\mu\text{m})$

キャリア濃度: $n = 1 \times 10^{18} \text{ } (\text{cm}^{-3})$

発明の効果

本発明の半導体受光装置では、光吸収層と増倍層との間に該光吸収層と該増倍層との中間の組成を持つ中間層を介在させ、また、前記光吸収層と

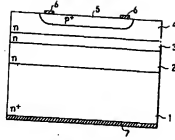
その光吸収層に於ける前記増倍層が接している側と反対側に接している半導体層或いは半導体基板との間に該光吸収層と該半導体層或いは半導体基板との中間の組成を有する中間層を介在させてあるので、ヘテロ接合界面に於ける急激な変化はなくなり、特に、従来、前記光吸収層と前記半導体層或いは半導体基板とで形成されるヘテロ接合界面に空乏層が到達した際、光感度を持つ面が発生していた現象は皆無とすることが出来るので受光特性の劣化を防止することができる。

4 図面の簡単な説明

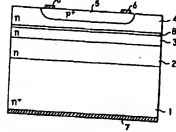
第1図及び第2図は従来例を説明する為の半導体受光装置の要部切断側面図、第3図は本発明を説明する為の半導体受光装置の要部切断側面図である。

図に於いて、1は n^+ 型基板、2は n 型バッファ層、3は n 型光吸収層、4は n 型増倍層(ウィンドウ層)、5は p 型或いは p^+ 型不純物導入領域、6は p 側電極、7は n 側電極、8及び9は中間層である。

第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

